

Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Московской области  
«Университет «Дубна»  
(государственный университет «Дубна»)

Филиал «Протвино»  
Кафедра «Техническая Физика»



УТВЕРЖДАЮ

Директор

*А.А. Евсиков*

/Евсиков А.А./

Фамилия И.О.

подпись

30

»

06

2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Термодинамика и статистическая физика**

*наименование дисциплины (модуля)*

Направление подготовки

03.03.02 Физика

*код, наименование*

Уровень высшего образования

бакалавриат

*бакалавриат, магистратура, специалитет*

Направленность (профиль) образовательной программы

«Медицинская физика»

Форма обучения

очная

*очная, очно-заочная, заочная*

Протвино, 2022

Автор(ы) программы:

Рочев В.Е., д.ф.-м.н., профессор,  
кафедра «Техническая Физика»

*Фамилия И.О., должность, ученая степень (при наличии),  
ученое звание (при наличии), кафедра;*

*Рочев* подпись

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению  
подготовки высшего образования  
03.03.02 «Физика»

*(код и наименование направления подготовки (специальности))*

Программа рассмотрена на заседании кафедры

«Техническая Физика»

*(название кафедры)*

Протокол заседания № 5 от «27» июня 2022 г.

И.о. зав. кафедрой технической физики профессор

*Соколов*

Соколов А.А

Эксперт (рецензент):

*(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность; если текст рецензии не прикладывается –  
подпись эксперта (рецензента), заверенная по месту работы)*

## Оглавление

1 Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2 Место дисциплины в структуре ОПОП .....	5
3 Планируемые результаты обучения по дисциплине .....	5
4 Объем дисциплины .....	6
5. Содержание дисциплины.....	7
6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине .....	10
7 Фонды оценочных средств по дисциплине .....	10
8 Ресурсное обеспечение .....	11
Приложение к рабочей программе дисциплины .....	15

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Термодинамика и статистическая физика» **имеет целью** сформировать у обучающихся профессиональную ОПК-2 компетенцию в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 03.03.02 «Физика» с учетом направленности бакалаврской программы – «Медицинская физика».

Освоившие курс «Термодинамики и статистической физики», получают в свое распоряжение очень эффективные методы исследования самых разнообразных физических систем, состоящих из очень большого количества частиц. Методы статистической физики и термодинамики – важнейшие инструменты исследования в области других естественных наук, а также инженерно-технической деятельности. Освоение дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» способствует не только развитию у студентов рационального понимания окружающего мира, навыков логического мышления, но и формированию способности к самостоятельному мышлению, техническому творчеству, но и способности к самостоятельному чтению научной литературы по выбранной специальности. Успешное усвоение данной дисциплины является основой, на которой базируется изучение специальных курсов подготовки по профилю «Медицинская физика». Задачи изучения дисциплины охватывают теоретические и практические аспекты подготовки будущего специалиста. Сведения и навыки полученные при изучении дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» впоследствии используются в курсах «Физика конденсированного состояния», «Ускорители заряженных частиц», «Ультразвуковые методы диагностики», а также при подготовке к процедуре защиты и защите выпускной квалификационной работы.

При реализации цели предусматривается решение следующих задач:

Изучить:

- основные понятия, определения и постановки задач термодинамики и статистической физики: понятия о температуре, энтропии, равновесных и неравновесных процессах, внутренней энергии системы, работе и теплоте;
- основные положения (квантовой) статистической физики; условия равновесия двух систем в тепловом и диффузионном контакте, микроканоническое, каноническое и большое каноническое распределения Гиббса;
- представление чисел заполнения; определения канонической и большой канонической суммы; статистику Бозе-Эйнштейна и статистику Ферми-Дирака;
- закон излучения абсолютно черного тела – Планка.

Овладеть:

- методикой нахождения термодинамических потенциалов сложных систем с переменным числом частиц и средних по статистическому ансамблю различных физических величин; методикой расчетов термодинамических процессов;
- теорией равновесия фаз и теорией фазовых переходов 1-го и 2-го родов; умением решать задачи, связанные с изменением агрегатного состояния вещества;
- умением проводить расчеты основных термодинамических характеристик одноатомного идеального газа, а также ферми- и бозе-газа; методами расчета характеристик электронного газа в металлах.

Областями профессиональной деятельности в рамках изучаемой дисциплины (модуля) являются:

- атомная промышленность (в сфере обеспечения жизненного цикла (исследование, проектирование и разработка современного уникального оборудования, производство, наладка, эксплуатация) оборудования ускорительных комплексов как медицинского назначения, так и используемых для проведения исследований в области физики высоких энергий, физических установок, в том числе, медицинского назначения для обеспечения эффективно и безопасного развития атомной отрасли);

- сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сферах проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации, управления результатами научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью производства современного оборудования, обеспечивающего совершенствование ядерно-энергетических технологий).

## 2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Термодинамика и статистическая физика» Б1.О.12.06 относится к основной части блока дисциплин, модуля «Теоретическая физика» Б1.О.12

Дисциплина преподается в VII семестре IV курса.

Приступая к изучению дисциплины «Термодинамика и статистическая физика», студент имеет знания и навыки по дисциплинам: «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Термодинамика и молекулярная физика», «Теоретическая механика», «Дифференциальные уравнения», «Интегральные уравнения и вариационное исчисление», «Теория функций комплексного переменного».

## 3 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Формируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и формулировка)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-2.1. Проводит исследования, организует самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу для поиска и выработки новых решений в области физики	Знать основные принципы и основные этапы формирования и становления перспективной научной задачи, уметь грамотно разбить задачу на подзадачи и распределить их среди членов коллектива. Владеть методиками формулирования конкретных задач сводящихся к проблематике термодинамики и статистической физики, методами определения параметров научной новизны, значимости и эвристичности.
	ОПК-2.2. Выявляет перспективные проблемы и формулирует принципы решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики	Уметь использовать знания современных проблем и новейших достижений в области термодинамики и статистической физики для решения актуальных научно-исследовательских задач.
	ОПК-2.3. Разрабатывает методики решения и координирует выполнение отдельных заданий при руководстве группой исследователей	Владеть теоретическими знаниями об организационно-управленческой работе в коллективе и определять порядок выполнения работ. Уметь принимать сложные решения на основе групповых интересов, выбирать оптимальные формы организации эксперимента.

#### **4 Объем дисциплины**

Объем дисциплины составляет **2 зачетные единицы**, всего **72 академических часа**.

Из них:

68 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

*(34 часов – лекционные занятия;*

*34 часа – практические занятия.)*

4 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

**5. Содержание дисциплины**  
очная форма обучения

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (академ. часы)	в том числе:						Самостоятельная работа обучающегося
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <sup>1</sup>						
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	КРП*	...	Всего	
<b>VII семестр</b>								
Исходные положения термодинамики. Фазы и компоненты. Понятие температуры. Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия системы, работа и теплота. Термодинамические процессы.	8	4	4				8.5	0.5
Основные законы и уравнения термодинамики. I начало термодинамики. II начало термодинамики. Понятие об энтропии. Обратимые и необратимые процессы. III начало термодинамики.	8	4	4				8.5	0.5
Термодинамические потенциалы сложных систем и систем с переменным числом частиц. Условия равновесия фаз в термодинамических системах. Понятие химического потенциала.	8	4	4				8.5	0.5
Фазовые переходы и критические явления. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы 1-го рода. Уравнение Клапейрона—Клаузиуса. Правило Максвелла. Фазовые переходы 2-го рода.	8	4	4				8.5	0.5
Задание микроскопического состояния системы N тел. Микроканоническое, ка-	8	4	4				8.5	0.5

<sup>1</sup> Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

ноническое и большое каноническое распределения Гиббса.								
Представление чисел заполнения. Каноническая и большая каноническая суммы. Статистика Бозе-Эйнштейна. Идеальный бозе-газ. Статистика Ферми-Дирака. Идеальный ферми-газ.	8	4	4				8.5	0.5
Идеальный одноатомный квантовый газ. Вырожденный нерелятивистский ферми-газ. Идеальный нерелятивистский бозе-газ.	8	4	4				8.5	0.5
Спектральная плотность энергии равновесного излучения. Функция распределения Планка для фотонов. Качественная теория теплоемкости твердых тел.	12	6	6				12.5	0.5
Промежуточная аттестация: - зачёт с оценкой	X <sup>2</sup>	X						
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>68</b>	34	34				<b>72</b>	<b>4</b>

\*КРП - часы контактной работы на курсовую работу (проект) по дисциплине. Часы относятся к внеаудиторной контактной работе, выполняются вне расписания учебных занятий по дисциплине. Указываются, если предусмотрены учебным планом.

<sup>2</sup> Часы на промежуточную аттестацию (зачет, дифференцированный зачет, экзамен и др.) указываются в случае выделения их в учебном плане.

## Содержание дисциплины

### **Тема 1. Исходные положения термодинамики.**

Фазы и компоненты. Понятие температуры. Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия системы, работа и теплота. Термодинамические процессы.

### **Тема 2. Основные законы и уравнения термодинамики.**

I начало термодинамики. II начало термодинамики. Понятие об энтропии. Обратимые и необратимые процессы. III начало термодинамики.

### **Тема 3. Термодинамические потенциалы.**

Потенциалы сложных систем и систем с переменным числом частиц. Условия равновесия фаз в термодинамических системах. Понятие химического потенциала.

### **Тема 4. Фазовые переходы и критические явления.**

Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы 1-го рода. Уравнение Клапейрона—Клаузиуса. Правило Максвелла. Фазовые переходы 2-го рода.

### **Тема 5. Микроскопическое описание систем.**

Задание микроскопического состояния системы  $N$  тел. Микроканоническое, каноническое и большое каноническое распределения Гиббса.

### **Тема 6. Статистические суммы.**

Представление чисел заполнения. Каноническая и большая каноническая суммы. Статистика Бозе-Эйнштейна. Идеальный бозе-газ. Статистика Ферми-Дирака. Идеальный ферми-газ.

### **Тема 7. Квантовое описание газов.**

Идеальный одноатомный квантовый газ. Вырожденный нерелятивистский ферми-газ. Идеальный нерелятивистский бозе-газ.

### **Тема 8. Квантовое описание излучения.**

Спектральная плотность энергии равновесного излучения. Функция распределения Планка для фотонов. Качественная теория теплоемкости твердых тел.

## **6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине**

Методические материалы по дисциплине (модулю) и образовательной программе в целом представлены на официальном сайте образовательной организации (раздел «Сведения об образовательной организации» – Образование – Образовательные программы).

## **7 Фонды оценочных средств по дисциплине**

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы по дисциплине разработаны фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения (знания, умения, навыки) и сформированные (формируемые) компетенции.

Эти фонды включают теоретические вопросы, типовые практические задания, контрольные работы, домашние работы, тесты, примерные темы курсовых работ (проектов) и критерии их оценивания и иные оценочные материалы, используемые при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении к рабочей программе.

При необходимости, обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются оценочными материалами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

*Для лиц с нарушениями зрения:*

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

*Для лиц с нарушениями слуха:*

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

*Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:*

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

## 8 Ресурсное обеспечение

### 8.1. Перечень литературы

#### *Основная учебная литература*

1. Ландау Л.Д. Статистическая физика : Учебное пособие для вузов. Ч.1 / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; под ред. Л.П.Питаевского. - 6-е изд., стер. - М. : Физматлит, 2018. - 620 с. : ил. - (Теоретическая физика в 10 т. ; Т.5). - ISBN 978-5-9221-1510-0
2. Браун, А. Г. Основы статистической физики : учебное пособие / А.Г. Браун, И.Г. Левитина. — 3-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 120 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/5493](http://www.dx.doi.org/10.12737/5493). - ISBN 978-5-16-010234-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1408100> (дата обращения: 15.04.2022). – Режим доступа: по подписке.
3. Ефремов, Ю. С. Статистическая физика и термодинамика : учебное пособие для вузов / Ю. С. Ефремов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 209 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05152-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492840> (дата обращения: 15.04.2022). – Режим доступа: по подписке.
4. Термодинамика и статистическая физика : учебное пособие : [16+] / сост. Л. В. Михнев, Е. А. Бондаренко ; Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2016. – 125 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467404> (дата обращения: 15.04.2022). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

#### *Дополнительная учебная литература*

1. Борщевский, А. Я. Физическая химия : учебник : в 2 томах. Том 2. Статистическая термодинамика / А.Я. Борщевский. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 383 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/20864. - ISBN 978-5-16-011788-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1914144> (дата обращения: 15.04.2022). – Режим доступа: по подписке.
2. Кондратьев, А. С. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории : практикум / А. С. Кондратьев, П. А. Райгородский. – Москва : Физматлит, 2007. – 254 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68400> (дата обращения: 15.04.2022). – ISBN 978-5-9221-0876-8. – Текст : электронный.
3. Кузнецов, С. И. Физика. Механика. Механические колебания и волны. Молекулярная физика. Термодинамика : учебное пособие / С. И. Кузнецов. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2020. — 248 с. - ISBN 978-5-9558-0317-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1084382> (дата обращения: 15.04.2022). – Режим доступа: по подписке.

#### • Периодические издания

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики / Учредитель: РАН, Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН. Гл. ред. академик Андреев А.Ф., ИФП РАН. М.: Академиздатцентр «Наука». - Журнал основан в 1873 году. Полные тексты статей доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки

«eLIBRARY.RU»: [http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=8682](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8682) и на сайте журнала <http://www.jetp.ac.ru/>

2. Медицинская физика / Учредитель: Ассоциация медицинских физиков России; гл. ред. д. т. н., Б.Я. Наркевич. – М.: Ассоциация медицинских физиков России. – Журнал основан в 1995 году.
3. Ядерная физика / Учредитель: РАН, Издательство «Наука», Гл. ред.: Ю.Г. Абов. – М.: Академиздатцентр «Наука». – Журнал основан в 1965 году. Полные тексты статей доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1549086>

• **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**  
*Электронно-библиотечные системы и базы данных*

1. ЭБС «Znaniy.com»: <http://znaniy.com/>
2. ЭБС «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/>
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru/>
5. Научная электронная библиотека (ПУНЭБ) «eLIBRARY.RU»: <http://elibrary.ru>
6. Национальная электронная библиотека (НЭБ): <http://нэб.рф/>
7. Базы данных российских журналов компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/>

*Научные поисковые системы*

1. Math-Net.Ru - современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности поиска информации о математической жизни в России – <http://www.mathnet.ru/>
2. Google Scholar - поисковая система по научной литературе. Включает статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций <https://scholar.google.ru/>
3. SciGuide - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. <http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi>
4. ArXiv.org - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. <http://arxiv.org/>
5. WorldWideScience.org - глобальная научная поисковая система, которая осуществляет поиск информации по национальным и международным научным базам данных и порталам. <http://worldwidescience.org/>

*Профессиональные ресурсы сети «Интернет»*

1. Федеральная информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>
2. Образовательный математический сайт EXPonenta.ru: <http://exponenta.ru/default.asp>
3. Математический сайт Math.ru: <http://math.ru/lib/>
4. Сайт РАН Институт Вычислительной математики: <http://www.inm.ras.ru/>

• **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости)**

Для проведения практических занятий могут использоваться мультимедиа-материалы (презентации, слайды, учебные видеофильмы и т.д.), в связи с чем требуется оборудование зала видеопроектором, компьютером или ноутбуком, а также аудиоаппаратурой. Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определённом порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.

Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе (программы LibreOffice и МАХІМА, свободная лицензия, код доступа не требуется).

- **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы**

Проведение практических занятий по дисциплине предполагается использование специализированных аудиторий, оснащенных персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть и имеющих доступ к ресурсам глобальной сети Интернет.

Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определенном порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.

Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе (программы LibreOffice, МАХІМА свободная лицензия, код доступа не требуется).

В филиале «Протвино» государственного университета «Дубна» созданы условия для обучения людей с ограниченными возможностями: использование специальных образовательных программ и методов обучения, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающим обучающимся необходимую техническую помощь, обеспечение доступа в здания организации.

Имеется универсальное средство для подъема и перемещения инвалидных колясок – пандус-платформа складной.

Компьютерные классы оборудованы столами для инвалидов с ДЦП, также здесь оборудованы рабочие места для лиц с ОВЗ: установлены специальный программно-технологический комплекс, позволяющий работать на них студентам с нарушением опорно-двигательного аппарата, слабовидящим и слабослышащим. Имеются гарнитуры компактные, беспроводная клавиатура с большими кнопками, беспроводной компьютерный джостик с двумя выносными кнопками, беспроводной ресивер, беспроводная выносная большая кнопка, портативное устройство для чтения печатных материалов.

Специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, в том числе в формате печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы) имеются в ЭБС, на которые подписан филиал.

На сайте имеется справочная информация о расписании учебных занятий в адаптированной форме доступная для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья, являющихся слепыми или слабовидящими.

- **Описание материально-технической базы**

Компьютерный класс (15 ПК) (оборудование в собственности).

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья могут использовать специализированное программное и материально-техническое обеспечение:

- обучающиеся с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости могут использовать адаптивные технические средства: специально оборудованные джойстики, увеличенные выносные кнопки, клавиатуры с большими клавишами.
- обучающиеся с ограничениями по зрению могут прослушать доступный аудиоматериал или прочитать тексты, увеличив шрифт на экране монитора компьютера. Рекомендуется использовать экранную лупу и другие визуальные вспомогательные средства, чтобы изменить шрифт текста, межстрочный интервал, синхронизацию с речью и т.д., программы экранного доступа (скринридеры для прочтения текстовой инфор-

мации через синтезированную речь) и/или включить функцию «экранного диктора» на персональном компьютере с операционной системой Windows 7, 8, 10.

- обучающиеся с ограничениями по слуху могут воспользоваться компьютерной аудиогарнитурой при прослушивании необходимой информации и портативной индукционной системой серии «ИСТОК».

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами (образовательная программа, учебные пособия и др.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

## Фонды оценочных средств

В результате освоения дисциплины «Термодинамика и статистическая физика» программы бакалавров по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» с учетом направленности бакалаврской программы – «Медицинская физика» выпускник должен обладать следующими компетенциями:

Компетенция **ОПК-2** - Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

*код и формулировка компетенции*

### Описание показателей и критериев оценивания компетенций, а также шкал оценивания

**Компетенция ОПК-2 - Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.**

ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (код и наименование)	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по практике ШКАЛА оценивания				
	1	2	3	4	5
ОПК-2.1. Проводит исследования, организует самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу для поиска и выработки новых решений в области физики.	Отсутствие знания	Не знает или знает слабо теоретические и методологические основы базовых и некоторых специальных разделов Термодинамики и статистической физики.  Допускает множественные грубые ошибки.	Удовлетворительно знает теоретические и методологические основы базовых и некоторых специальных разделов Термодинамики и статистической физики, может предложить отдельные примеры их использования при решении задач профессиональной деятельности. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Хорошо знает взаимосвязи теоретических и методологических основ Термодинамики и статистической физики, может предложить примеры их использования в разных областях физики. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное знание о взаимосвязи теоретических и методологических основ Термодинамики и статистической физики, может предложить способ их использования при решении конкретной физической задачи.  Не допускает ошибок.
	Отсутствие владения	Демонстрирует удовлетворительный уровень владения навыками работы с методами теории Термодинамики и ста-	Демонстрирует хороший уровень владения навыками работы с методами теории Термодинамики и статистической физики	Демонстрирует высокий уровень владения навыками работы с методами Термодинамики и статистической физики	Демонстрирует свободное и уверенное владение работы с методами теории Термодинамики и статистической физики для

		<p>статистической физики для решения задач профессиональной деятельности. Допускает достаточно серьезные ошибки.</p>	<p>для решения задач профессиональной деятельности. Допускает отдельные негрубые ошибки.</p>	<p>для решения задач профессиональной деятельности. Не допускает ошибок.</p>	<p>решения задач профессиональной деятельности. Не допускает ошибок.</p>
<p>ОПК-2.2. Выявляет перспективные проблемы и формулирует принципы решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики</p>	<p>Отсутствие умения</p>	<p>Демонстрирует частичное умение применять методы Термодинамики и статистической физики для формулировки принципов решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики. Допускает множественные грубые ошибки.</p>	<p>Демонстрирует достаточно устойчивое умение применять методы Термодинамики и статистической физики для формулировки принципов решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики. Допускает отдельные негрубые ошибки.</p>	<p>Демонстрирует устойчивое умение применять методы Термодинамики и статистической физики для формулировки принципов решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики. Не допускает ошибок.</p>	<p>Демонстрирует свободное и уверенное умение применять методы Термодинамики и статистической физики для формулировки принципов решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики. Не допускает ошибок.</p>
<p>ОПК-2.3. Разрабатывает методики решения и координирует выполнение отдельных заданий при руководстве группой исследователей.</p>	<p>Отсутствие владения</p>	<p>Демонстрирует удовлетворительный уровень владения навыками работы с группой исследователей и разработки методики решения задач профессиональной деятельности включающих Термодинамика и статистическая физика. Допускает достаточно серьезные ошибки.</p>	<p>Демонстрирует хороший уровень владения навыками работы с группой исследователей и разработки методики решения задач профессиональной деятельности включающих Термодинамика и статистическая физика. Допускает отдельные негрубые ошибки.</p>	<p>Демонстрирует высокий уровень владения навыками работы с группой исследователей и разработки методики решения задач профессиональной деятельности включающих Термодинамика и статистическая физика. Не допускает ошибок.</p>	<p>Демонстрирует свободное и уверенное владение навыками работы с группой исследователей и разработки методики решения задач профессиональной деятельности включающих Термодинамика и статистическая физика. Не допускает ошибок.</p>

При балльно-рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в результате изучения дисциплины, оцениваются в баллах.

Оценка качества работы в рейтинговой системе является накопительной и используется для оценивания системной работы студентов в течение всего периода обучения.

По итогам работы в семестре студент может получить максимально **70** баллов. Итоговой формой контроля в VII семестре является зачёт с оценкой. На зачёте студент может набрать максимально **30** баллов.

В течение VII семестра студент может заработать баллы за следующие виды работ:

№	Вид работы	Сумма баллов
1	Аудиторные занятия (посещение)	17
2	Работа на практических занятиях	33
3	Сдача домашней контрольной работы (ПР-2.1)	10
4	Сдача домашней контрольной работы (ПР-2.2)	10
	Итого:	70

Если к моменту окончания семестра студент набирает от **51** до **70** баллов, то он получает допуск к зачёту.

Если студент к моменту окончания семестра набирает от **61** до **70** баллов, то он может получить автоматическую оценку «удовлетворительно». При желании повысить свою оценку, студент имеет право отказаться от автоматической оценки и сдать зачёт с оценкой.

Если студент не набрал минимального числа баллов (**51** балл), то он не получает допуск к зачёту.

**Соответствие рейтинговых баллов и академических оценок зачёта с оценкой**

Общая сумма баллов за семестр	Итоговая оценка
86-100	Отлично
71-85	Хорошо
51-70	Допуск к зачёту
в том числе: 61-70	Возможность получения автоматической оценки «удовлетворительно»
51-60	Только допуск к зачёту
0-50 *	Неудовлетворительно (студент не допущен к зачёту)

Текущий контроль успеваемости осуществляется в процессе выполнения практических и самостоятельных работ в соответствии с ниже приведенным графиком.

<i>№ п/п</i>	<i>№ раздела дисциплины</i>	<i>Содержание самостоятельной работы</i>	<i>Трудоемкость</i>
1 (ПР-2.1)	1-4	Домашняя контрольная работа на темы: «Начала термодинамики. Распределение Максвелла-Больцмана для идеального газа. Энтропия.» (индивидуальное задание для каждого студента)	2
2 (ПР-2.2)	5-8	Домашняя контрольная работа «Микроскопическое описание систем. Квантовое описание газов.» (индивидуальное задание для каждого студента)	2

**График выполнения самостоятельных работ студентами в VII семестре**

Виды работ	Недели учебного процесса																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ПР-2.1		ВЗ												33			
ПР-2.2									ВЗ							33	

ВЗ – выдача задания

33 – защита задания

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- в печатной форме,
- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

При необходимости обучающемуся инвалиду и лицу с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене. У обучающегося инвалида и лица с ОВЗ имеется возможность выбора формы контроля на практических занятиях, зачетах, экзаменах, подходящая конкретно для него.

*Перечень обязательных видов учебной работы студента:*

- посещение лекционных занятий;
- ответы на теоретические вопросы на практических занятиях;
- решение практических задач и заданий на практических занятиях;
- выполнение устных сообщений

### Иновационные формы проведения учебных занятий

Семестр	Вид учебных занятий	Используемые инновационные формы проведения учебных занятий	Количество академ. часов
VII	Практические занятия	Обсуждение и разбор конкретных задач повышенной сложности.	4
Всего:			4

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с «Положением о балльно-рейтинговой системе оценки и текущем контроле успеваемости студентов», а также «Положением о промежуточной аттестации» университета «Дубна».

Адаптированная рабочая программа учебной дисциплины (модуля) разработана в отношении разноозологической учебной группы обучающихся, имеющих документально подтвержденные нарушения слуха, зрения, опорно-двигательного аппарата, соматические заболевания и поддающиеся коррекции нервно-психические нарушения или сочетанные нарушения.

#### Список вопросов к зачету с оценкой

1. Основные положения термодинамики.
2. Фазы и компоненты.
3. Понятие температуры и давления.
4. Равновесные и неравновесные процессы.
5. Внутренняя энергия системы.
6. Работа и теплота. Термодинамические процессы. Цикл Карно.
7. Основные законы и уравнения термодинамики.
8. I начало термодинамики.
9. II начало термодинамики.
10. Понятие энтропии.
11. Обратимые и необратимые процессы.
12. III начало термодинамики.
13. Термодинамические потенциалы сложных систем и систем с переменным числом частиц.
14. Понятие химического потенциала.
15. Условия равновесия фаз в термодинамических системах.
16. Фазовые переходы и критические явления.
17. Классификация фазовых переходов.
18. Фазовые переходы 1-го рода.
19. Уравнение Клапейрона—Клаузиуса.
20. Правило Максвелла.
21. Фазовые переходы 2-го рода.
22. Задание микроскопического состояния системы  $N$  тел.
23. Микроканоническое распределение.
24. Каноническое распределение.
25. Большое каноническое распределение.
26. Представление чисел заполнения.
27. Каноническая статистическая сумма.
28. Большая каноническая статистическая сумма.
29. Статистика Бозе-Эйнштейна.

30. Идеальный бозе-газ.
31. Статистика Ферми-Дирака.
32. Идеальный ферми-газ.
33. Идеальный одноатомный квантовый газ.
34. Вырожденный нерелятивистский ферми-газ. Электронный газ в металлах.
35. Идеальный нерелятивистский бозе-газ.
36. Спектральная плотность энергии равновесного излучения. Закон Планка.
37. Качественная теория теплоемкости твердых тел.

### **Содержание зачётного билета**

1 вопрос – фундаментальная теория (знать + уметь)

2 вопрос – прикладная теория (уметь + владеть)

Практическая задача